

ATV给出了更好的器件键合新途径

新一代高功率/高性能半导体正在实现更强大的电子系统。但是，更高的功率密度、新材料和苛刻的工艺要求对现有的键合技术提出了挑战。ATV Technologie公司开发了一种新的解决方案，可以降低压力，增强键合力并提高产能。

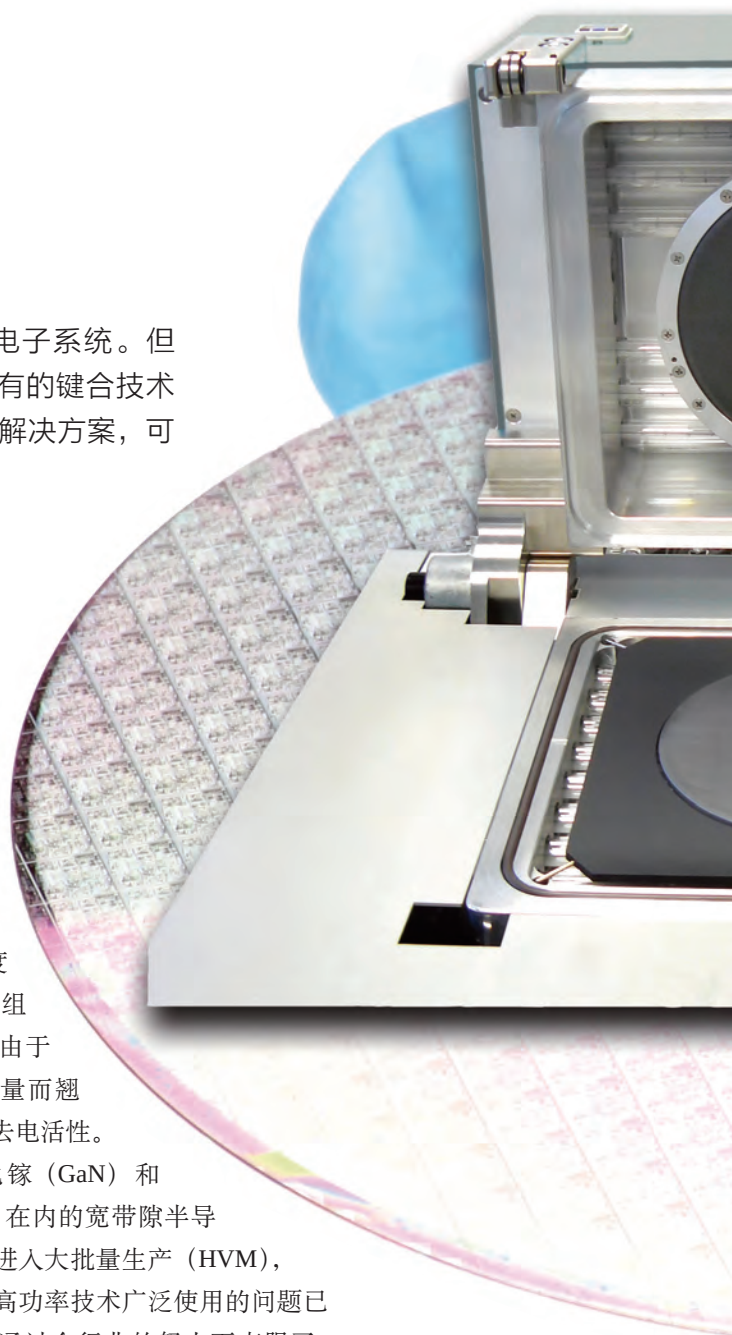
高密度半导体芯片增加组件的功率处理能力同时节省空间和提高效率，是电动汽车（EV）和可再生能源系统以及航空和航天动力组件实现功能的关键。

设计人员和制造人员经常面临两难选择：如何在芯片、散热器和其他模块组件之间建立无空隙、永久键合，而又不会显著减缓生产，增加成本或降低良率。ATV 科技有限公司（德国沃特斯滕滕）的研究人员和设计人员有很好的基于来了解键合工艺的复杂性。他们遇到了有效实现键合的挑战，需要有很高的重复性和足够的产能，从而能满足不同环境的需求，例如研究机构、原型生产线和批量生产线。

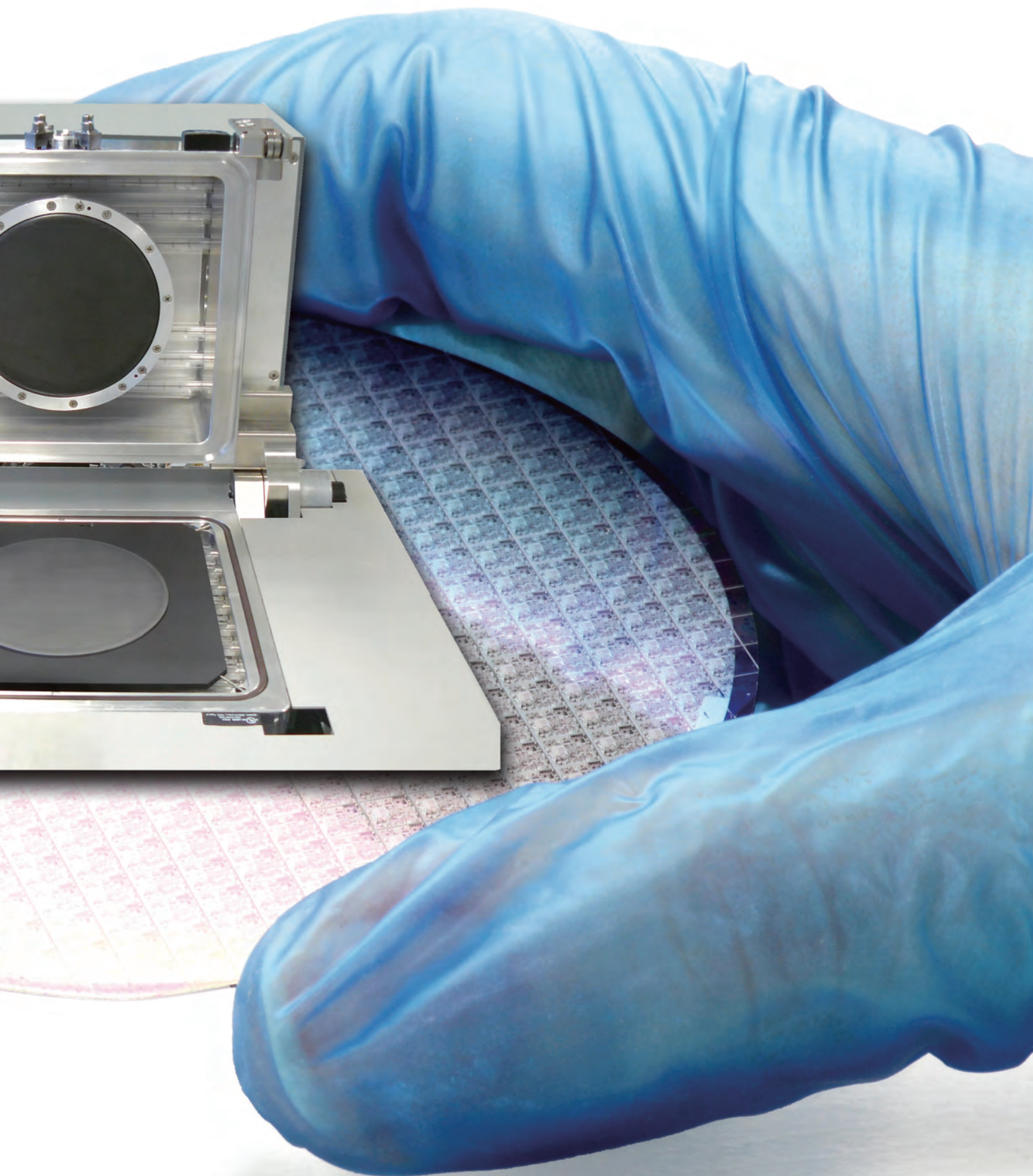
为了产生无空隙的键合，诸如银（Ag）烧结的现有系统通常利用高达 15-40MPa 的压力。虽然这些系统可以提供良好的键合，但是相对较大的压力通常会造成更容易发生破损的情况，对良率和长期可靠性产生不利影响。现有系统通常也不能处理同一批次中

具有不同高度轮廓的器件，或者需要特殊的复杂工具来满足这些需求。高温烧结通常不支持键合温度敏感的半导体组件，后者可能由于强的压力或热量而翘曲、破裂或失去电活性。

包括氮化镓（GaN）和碳化硅（SiC）在内的宽带隙半导体技术正迅速进入大批量生产（HVM），因为限制这些高功率技术广泛使用的问题已经很大程度上通过全行业的努力而克服了。ATV 的新系统开发主要是受到电动汽车对高可靠性绝缘栅双极晶体管（IGBT）电源模块需求的驱动；但是，可以提供任何满足



作者：Mark Andrews，《Silicon Semiconductor》技术编辑



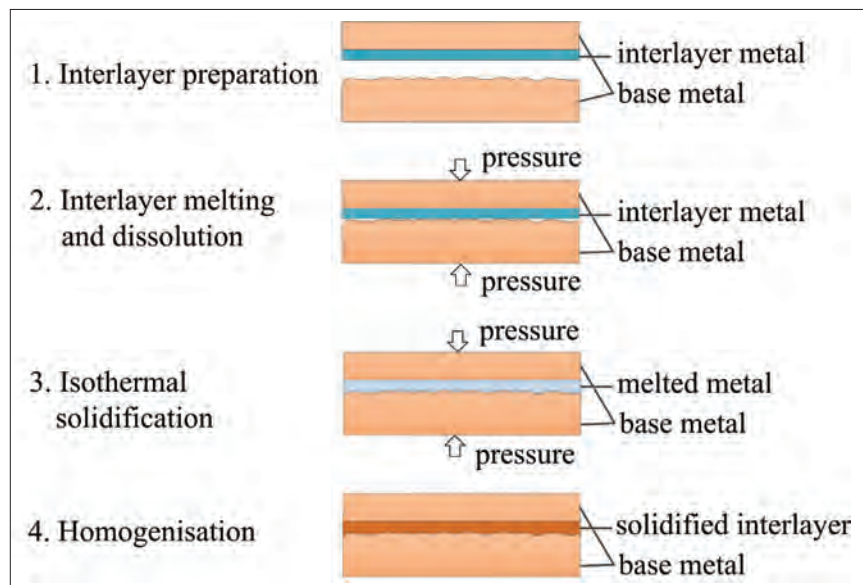


图1. 瞬态液相键合 (TLPB) 的工艺阶段。

类似需求的服务。该公司解释说,功率LED的芯片键合具有巨大的潜力,同时还有诸如用于能量收集的压电器件、TC冷却器和需要新封装解决方案的RF功率模块应用等。

汽车应用尤其具有挑战性,因为工作环境比消费电子产品高出好多度,同时零缺陷是这些器件的质量目标,而且这些器件必须使用持续至少10年。

虽然制造人员正在规律延长GaN器件的使用寿命,并且良率提高使得该技术在市场领域中完全可行,但封装要求可能会带来棘手的问题。作为ATV技术总监,Ventzeslav Rangelov博士表示,传统的无铅回流焊接已经在大多数应用中达到了极限,而这些应用对于高功率半导体市场的未来会变得越来越重要。

“对于需要在165℃或更高温度下工作的组件,已开发出新的芯片贴附技术,包括银烧结和瞬态液相键合(TLPB),”他指出。“ATV与柏林技术大学和弗劳恩霍夫研究所共同开发的最新系统可以解决这些棘手的问题,这些问题会阻碍所需产品进入生产阶段。该系统可以帮助研究人员探索新的器件类型甚至更高功率水平的器件,而没有其他方法所具有的缺点。”

ATV的器件键合工艺新方法弥补了其他技术的缺点,例如压力辅助的Ag烧结。虽然银因其高熔点和优异的导热性而受到重视,但标准烧结工艺存在着由于其高外加压力要求相关的问题。在标准回流焊接中,当达到峰值温度时,也会存在过量材料,通过毛细管作用驱动会导致一定量的自

对准。在特定情况下,这种非对准可能影响组件的良率和功能。对于Ag烧结,需要外加机械压力以实现扩散连接机制。但是为了更有效,压力可能高达40MPa,这经常导致器件结构中的一些翘曲、开裂或直接的器件破坏。当压力与更高温度(250℃或更高)相结合时,器件上的表面接触可能也会失效,通常会在不可预测的方向上产生负面的性能影响。

Rangelov指出,虽然压力辅助银烧结工艺已经完善并已广泛进入批量生产,但现在可以采用一种解决其固有缺点的新方法。

“在TLPB中,一层薄薄的低熔点金属如锡或铜放置在两种较高熔点的金属如银、金或铜之间,”他解释说。“在热键合过程中,焊料夹层熔化并润湿基底金属表面,夹层会溶解一定量的基底金属,形成新的金属中间相。这个工艺会导致等温凝固,产生熔合温度明显高于初始焊料夹层的接合层。”(见图1)

“一旦在键合过程中形成金属间化合物组分,它们就不可能在原始工艺温度下进行熔化,而原始工艺温度接近于中间层金属例如锡或铜的熔点。这是因为TLPB工艺期间材料成分的变化。这是由材料属性及其比例所定义,而不是由工艺本身所定义。材料成分的变化是由于扩散,并会促进等温凝固。与传统的回流焊接相比,这也是我们工艺的主要区别,其中焊料材料的成分基本保持不变,”他解

ATV开发了一种系统,该系统将成熟的真空回流焊设备与专用压力单元组合在一起(见图2)。他们的工艺支持半导体芯片或其他封装元件,这些元件对准并放置在针对DCB(直接铜键合, direct copper bonding)的基板上。它还支持使用行业标准处理设备的倒装翻或面朝上晶圆。

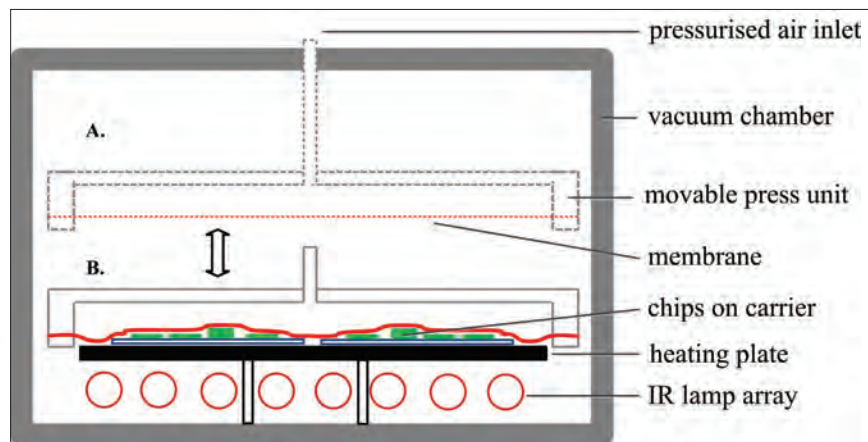


图2. ATV的新型键合炉示意图。

释道。

传统的 Ag 烧结和 TLPB 都需要在加热时有一定程度的机械压力，但是 TLPB 仅需要足够的压力来保持表面键合在一起，从而使得可以形成键合而并没有错位。

热负荷要求也会低很多。ATV 还消除了对复杂的附加机械压力工具的需求，从而避免了应对具有复杂形貌的整个组件。ATV 的系统已经全部在同一批次中采用外形尺寸从 0.5mm 到 3.0mm 不等进行过测试。

尽管高度轮廓有相当大的变化，但键合可以实现无空隙且很高的良率。Rangelov 指出，在大多数竞争系统中，补偿高度变化的能力会增加工具的复杂性和成本。此外，裸露金属参与工艺的事实需要采用受控惰性或

还原性工艺气氛的气密腔室。ATV 的方法可以满足这些需求，而其他人的则不能。

“主要的好处是客户不需要昂贵的高度补偿工具，这些要针对任何不同的布局进行单独设计。这降低了成本，并对良率产生了积极影响。在键合系统中，可以加工具有复杂形貌的整个电子组件。无源和有源器件以及夹具可以在一次工艺运行中键合。这可以给封装工艺流程提供更大的灵活性。”

“我们的键合系统技术在传统的回流焊接中也是有益的，因为在流动性阶段，部件必须精确地保持在合适的位置。使用对准掩模（其他系统的要求）并不总是这样，特别是当部件非常小或者 CTE 可能不一样时，这些都会成为问题。”他说。

ATV 开发了一种系统，该系统将成熟的真空回流焊设备与专用压力单元组合在一起（见图2）。他们的工艺支持半导体芯片或其他封装元件，这些元件对准并放置在针对 DCB（直接铜键合）的基板上。它还支持使用行业标准处理设备的倒装翻或面朝

ATV 技术总监
Ventzeslav Rangelov 博士

上晶圆。对于定位操作，Rangelov 说可以使用液体粘合剂、超声波能量或热压缩，提供无论是在实验室还是工厂中适合现有做法的灵活性。

他补充说，可以以最高的对准精度实现高产能。在他们新系统的重复测试中，Rangelov 注意到 ATV 使用了厚度不同的产品，实现了极好的无空隙结果。这也是在仅 0.5MPa（或更低）压力下实现的，从而显著降低了翘曲或开裂的可能性。虽然 ATV 开发的键合方法着眼于高密度功率半导体，包括 SiC MOSFET 和 GaN 功率放大器、开关和类似应用的器件，他指出，硅和砷化镓（GaAs）技术也可能受益于键合的高可靠性，结合如下事实：由于低的温度工艺环境以及 ATV 的方法比其他系统使用的压力要小得多，可以防止较薄半导体晶圆或器件的翘曲。

利用他们的专有工艺方法和材料，ATV 发现 Ag 烧结表现出与没有施加机械压力的烧结相似的连接性能，但是加工时间会显著缩短。当进行瞬态液相键合（TLPB）时，可以看到 ATV 键合炉的巨大优势。真空能力、受控还原气氛和“轻触”机械压力的组合，可以实现包括高功率电路之外的各种其他应用，包括 MEMS 封装、芯片到晶圆封装和 3D 系统集成。

“我们看到我们的工艺和键合炉设计具有很大的潜力，可以实现芯片到晶圆和 3D 系统集成，并且不依赖于所使用的键合技术（回流焊或 TLPB）。另外也已经验证了硅芯片与精细间距微凸块的键合。我们致力于扩大可以服务的技术和应用的数量，目前感兴趣的另一个主题是铜烧结。我们总是对其他客户的参与感兴趣，”他总结道。◆

